

Милена Анђелић¹, Васо Мрваљевић¹

Анализа губитка земљишта на руралном подручју Београда применом методе USLE

Analysis of soil loss in rural area of Belgrade by using USLE method

¹ Универзитет у Београду, Шумарски факултет, 11 030 Београд, Кнеза Вишеслава 1. milenaandjelic911@hotmail.rs.

Извод

Клима представља кључни фактор који контролише главне процесе деградације земљишта и изазива бројне интеракције, повезане са променом режима падавина, повећаним температурама и варијабилнијим климатским условима. У погледу утицаја на земљишне процесе, промене климе, мењају бројна својства земљишта, која имају консеквенце на цео екосистем. За рурално подручје Београда су израчунате вредности фактора ерозионог дејства кише за референтни период од 1961-1990. године и период од 1991-2013. године на основу података који су преузети из метеоролошких годишњака Републичког хидрометеоролошког завода Србије (ПХМЗ). За оба периода су израчунати губици земљишта типа еутрични камбисол које је доминантно земљиште на руралном подручју Београда. Резултати анализе показују да је просечан губитак земљишта за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године за различите нагибе већи за: 10,2% за нагиб од 8%, 10,2 % за нагиб од 10% и 10,1% за нагиб од 12%, с тим што су разлике по сезонама израженије.

Кључне речи: клима, губитак земљишта, референтни период, Београд

Abstract

Climate is a key factor that controls the main processes of land degradation and causes numerous interactions, associated with a change in the regime of precipitation, increased temperature and more variable climatic conditions. In terms of the impact on soil processes, climate change, alter many properties of soils, which have consequences on the entire ecosystem. In the rural area of Belgrade we calculated values of factor of erosion effects of rain for the reference period from 1961 to 1990. and the period of 1991-2013. on the basis of data taken from the meteorological yearbook published by Republic Hydrometeorological Service of Serbia (RHMS). For both periods we calculated losses of eutric cambisol soil, which is the dominant land in a rural area of Belgrade. The results show that the average loss of soil, for the period of 1991-2013. in relation to the reference period of 1961-1990. for various slopes, are higher: 10.2% for the slope of 8%, 10.2% for the slope of 10% and 10.1% for the slope of 12%, but differences of soil loss per seasons are stronger..

Keywords: climate, soil loss, the reference period, Belgrade

Увод

Промена равнотеже појединих фактора стварања земљишта дешава се услед бројних природних и антропогених чинилаца који могу да повећају или смање природну отпорност земљишта према различитим видовима деградације. Многи стручњаци су се бавили изучавањем разних метода за прогнозу интензитета ерозије.

Универзална једначина губитка земљишта (USLE) представља математички модел који се користи за предвиђање губитка земљишта деловањем ерозионих фактора (Костадинов, 2008). Као ерозиони модел осмишљена је да предвиди дугорочне просечне губитке земљишта на одређеним нагибима за одређено коришћење земљишта и у одговарајућим пољопривредним системима (Renard & Freimound, 1994). Губитак земљишта рачуна се као производ шест основних фактора чије се вредности одређују за дату експерименталну локацију.

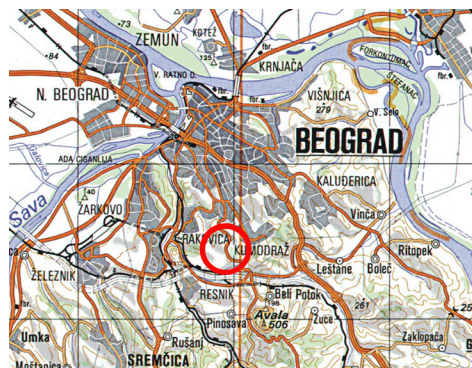
У овом раду анализиран је губитак земљишта на експерименталној површини у Јајинцима применом USLE једначине. Губитак земљишта је анализиран за нагибе од 8%, 10% и 12% на парцели дужине 80 m за земљиште типа еутрични камбисол које је доминантно на овом подручју и подаци у периоду од 1991-2013. године су упоређивани са подацима у периоду од 1961-1990. године.

Добијени резултати показују колики је утицај на губитак земљишта на подручју Београда за одређене нагибе и одређен тип земљишта у условима када нема примене мера конзервације и када је промењен режим падавина.

Материјал и методе рада

Истраживано подручје припада руралном делу Београда, у месту Јајинци које се налази око 10 km југоисточно од ушћа Саве у Дунав (слика 1). Геолошка подлога предметног подручја представљена је слабевезаним седиментима квартарне и неогене старости.

Педолошки покривач је изграђен од деградираног чернозема (у огађачавању) и делувијума. Гајњаче су највећим делом образоване на терцијарним седиментима, лакшим него што је случај код смоница (Антић et al., 1980). Поред овога супстрат гајњача чини и лес, лесолики материјали и лапорци. Рељеф је по правилу брдски од 200-500 m н.м., најчешће на јужним експозицијама обично изнад смоница или алтернирају са њима.



Слика 1 Географски положај истраживаног подручја
Figure 1 The geographical location of the study area

Универзална једначина губитка земљишта (USLE) је најчешће коришћена једначина за прорачун губитка земљишта. Прорачун губитка земљишта рачуна се према следећој формули (Foster et al. 2003):

$$A = R \cdot K \cdot LS \cdot C \cdot P \quad [t \cdot ha^{-1} \cdot god^{-1}]$$

где су:

A - просечна годишња количина губитка земљишта

R - ерозионо дејство кише

K - фактор еродибилности земљишта

LS - топографски фактор (дужина и нагиб)

C - фактор земљишног покривача

P - фактор праксе управљања.

Фактор ерозионог дејства кише R

Фактор ерозионог дејства кише R представља годишњу суму појединачних вредности индекса интензитета падавина EI_{30} , где је E кинетичка енергија падавина по јединици површине [MJ/ha], а I_{30} максимални 30-мин интензитет падавина [mm/h] (Yu & Rosewell, 1995). Према Arnoldus (1980) (у: Ferro & Porto, 1999) Фурнијеров индекс је погодан за прорачун R фактора са којим је линеано повезан. Према Ferro & Porto (1999) Фурнијеров индекс се рачуна помоћу следеће једначине:

$$FI = \frac{pi^2}{P}$$

где је:

pi - средње месечне падавине;

P - укупне годишње падавине;

Фурнијеров индекс се потом користи за обрачун pi фактора, а сумирањем pi добијамо вредност R фактора (Ferro & Porto, 1999).

$$R = \frac{125,92 \cdot FI^{0,603} + 111,173 \cdot FI^{0,691} + 68,73 \cdot FI^{0,841}}{3}$$

$$R = \sum ri \quad [MJ \cdot mm \cdot ha^{-1} \cdot h^{-1} \cdot god^{-1}]$$

Фактор еродибилности земљишта К

Еродибилност земљишта описана је фактором К за многа пољопривредна земљишта. Директним мерењем, фактор еродибилности земљишта урађен је за 23 главна типа земљишта у САД-у, док су друга земљишта добијена компарацијом њихових карактеристика са мереним земљиштима (Костадинов, 2008).

Развијањем вишеструко – регресионе једначине од 24 члана добијен је гранични опсег величине К за просечне структуре.

Доминантно земљиште на територији Београда, према ФАО класификацији, јесте еутрични камбисол (гајњача на лесу). За еутрични камбисол израчунат је фактор еродибилности земљишта према следећој формули:

$$K = 2,8 \cdot 10^{-7} \cdot M^{1,14} \cdot (12 - a) + 4,3 \cdot 10^{-3} \cdot (b - 2) + 3,3 \cdot 10^{-3} \cdot (c - 3)$$

где су:

$M = (UPR + UVFP) \cdot (100 - UG)$, при чему је UPR - учешће праха у % (0,002-0,05 mm) и за вредности од 0,05 – 0,01 mm износи око 45%; UVFP - учешће врло финог песка у % (0,05 - 0,1mm) за вредности од 0,25 - 0,05 mm износи 7% и UG - учешће глине у % (<0,002 mm) за вредности мање од 0,001 mm износи 27% (вредности преузете из табеле 1);

a – учешће органске материје у % - узима се да нема органске материје;

b – представља код структуре земљишта које се користи у класификацији земљишта (табела 2). Према подацима из табеле 1. процентуално је највише заступљен прах (44,62 %) на експерименталној површини у Јајинцима. Зато је код структуре земљишта 2 (табела 2) што припада финој зрнастој структури (табела 3). Према табели 4. за порозност се узима да је некапиларна па је вредност b фактора 0,19;

c – класа водопропустљивости земљишног профила. Код водопропустљивости је 5 (табеле 2 и 3). Вредности за просечну водопропустљивост земљишта износе 0,25 (табела 5).

Бр. Профила	Дубина [cm]	Гранулометријски састав гајњаче на лесу у %					
		1-0.25	0.25-0.05	0.05-0.01	0.01-0.001	< 0.001	< 0.01
		mm					
16	0 - 15	0.08	6.88	44.62	22.24	26.2	44.42
	20 - 35	0.15	6.49	40.48	20.76	32.12	52.88
	50 - 70	0.09	6.35	38.68	20.8	34.08	64.88
	90 - 105	0.03	7.17	41.96	19.04	31.92	50.96

Табела 1 Према Живковић (1955) (у: Антић et al. 1980) механички састав гајњаче на лесу Београд - Јајинци.

Table 1 According to Živković (1955) (cit. Antić et al. 1980) mechanical composition of the cambisols on the loess Belgrade - Jajinci.

Параметри за К фактор на дубини до 15 cm	Крупан песак	Ситан песак	Прах	Глина и колоиди	Прах
	b3	b3	b2	b1	b2
	c3	c4	c5	c6	c5

Табела 2 Класификација параметара b и c за фактор еродибилности земљишта (K) на дубини од 15 cm (ФАО, 2014)

Table 2 Classification of the parameters b and c for soil erodibility factor (K) at a depth of 15 cm (FAO, 2014)

Параметар	1	2	3	4	5	6
B	Врло фино зрнаста	Фино зрнаста	Средње до грубо зрнаста	Стубаста	-	-
C	Брза	Умерена до брза	Умерена	Спора до умерена	Спора	Врло спора

Табела 3 Класификација параметра b - структура земљишта (soil structure code) и c – пермеабилност профила (profile permeability), (ФАО, 2014)

Table 3 Classification of the parameter b - the structure of soil (soil structure code) and c - profile permeability (FAO, 2014).

Број профила	Дубина [cm]	Порозност			Ретенциони водни капацитет %	Ваздушни капацитет %
		Укупна	Капиларна	Некапиларна		
		у % од укупне				
A	0-15	53.29	80.75	19.25	44.03	9.26
A/(B)	20-35	46.26	85.44	14.59	39.52	6.74
(B)	50-70	41.48	90.50	9.50	37.54	3.94
(B)	90-105	43.17	83.51	16.49	36.05	7.12

Табела 4 Физичке особине гајњача под шумом - на лесу према Живковић (1955) (у: Антић et al. 1980)

Table 4 Physical properties of cambisol under forest according to Živković (1955) (cit. Antić et al. 1980)

C	Просечна водопропустљивост	[cm/h]
1	Песак	5
2	Песковита иловача	2.5
3	Иловача	1.3
4	Глиновита иловача	0.8
5	Прашинаста глина	0.25
6	Глина	0.05

Табела 5 Вредности за просечну водопропустљивост земљишта (ФАО, 2014)

Table 5 Values for the average soil permeability (FAO, 2014).

За претходно описане вредности параметара (М, а, b, с) фактор еродобилности земљишта (К) има вредност 0,032

Топографски фактор LS

Фактори дужине и нагиба падине битно утичу на ниво водне ерозије у USLE једначини. Овај фактор представља однос губитка земљишта по јединици површине одређеног нагиба према губицима стандардне парцеле. Дужина падине је дефинисана као растојање од тачке формирања површинског отицања, до тачке где долази до одлагања (акумулирања) еродираниг материјала (Кадовић, 1999). Фактор дужине падине одређује се из следећег израза (Кадовић, 1999):

$$LS = (X / 22,1)^m \cdot (0,065 + 0,045 \cdot s + 0,0065 \cdot s^2)$$

где су:

L – фактор дужине падине (табела 8),

x – дужина падине (m) узима се 80 m,

m – експонент који зависи од величине нагиба,

s – нагиб у %

Према Wischmeier & Smith (1978) (у: Кадовић, 1999) предложена вредност експонента m за падине нагиба преко 5% износи 0,5.

x [m]	m	s [%]	LS
80	0.5	8	1.6
80	0.5	10	2.2
80	0.5	12	2.9

Табела 6 Вредности топографског фактора LS за различите нагибе падине

Table 6 Values for topographic factor LS for different slope gradients

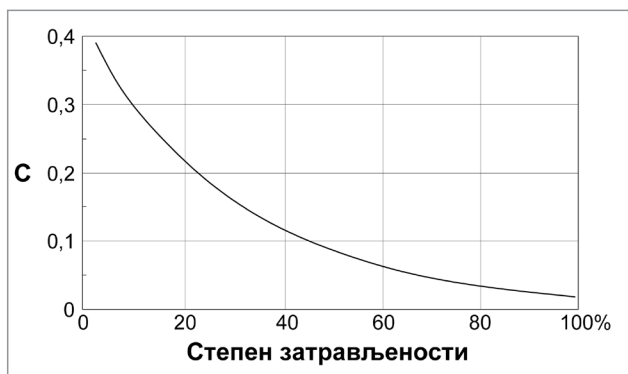
Фактор земљишног покривача C

Фактор C представља однос губитка земљишта са обрадиве површине која се налази под било којим усеом или на којој се налази било какав заштитни биљни покривач према одговарајућим губицима са контролне парцеле која се налази под угаром. Овај однос се утврђује експериментално за поједина подручја. При томе се подразумева да се парцеле налазе у једнаким условима земљишта, нагиба и једнаког режима падавина (Кадовић, 1999).

Према Wischmeier и Smith (1958) (у: Костадинов, 2008) егзактне вредности за фактор C су добијене у зависности од многобројних шема узгајања усева у Америци. Пре свега они су укупан период гајења усева поделили у пет фаза:

- период F (угар) - пролећно орање до другог дисковања;
- период SB – садња усева и наредних 30 дана;
- период 12 (брзи раст) – од 30-60 дана после садње;

- период 3 (размножавање и старење) – од 60-тог дана после садње до жетве;
- период 4 (остаци) – од жетве до пролећног орања.



Слика 2 Према Morgan (1986) (у: Костадинов, 2008) вредности фактора С у зависности од степена затрављености површине земљишта

Figure 2 According to Morgan (1986) (cit: Konstadinov, 2008) values of S factor depending on the degree of coverage of grass at soil surface

Начин обраде земљишта односно вредност фактора С према Morgan, (1995) (у: Кадовић, 1999) узима за степен затрављености терена 20% и средње годишње вредности износе 0,22 (слика 2).

Фактор праксе управљања Р

Фактор Р представља однос губитка земљишта у условима примене одређене противерозионе мере, према губицима земљишта, када је обрада изведена низ нагиб. Вредности фактора Р за три основна елемента противерозионих мера које препоручују Wischmeier & Smith (1978) (у: Кадовић, 1999) приказане су у табели 7.

Нагиб (%)	Контурна Обрада	Контурно - појасни размештај	Терасирање
1-2	0.6	0.3	0.12
3-8	0.5	0.25	0.10
9-12	0.6	0.3	0.12
13-16	0.7	0.35	0.14
17-20	0.8	0.40	0.16
21-25	0.9	0.45	0.18

Табела 7 Вредности фактора конзервације земљишта Р (Кадовић, 1999)

Table 7 The values of the factors of soil conservation R (Kadović, 1999)

За сваки наведени елемент, фактор Р показује најбоље ефекте на нагибима 3-8%, а са повећањем нагиба, вредност Р се повећава. На нагибима мањим од 2%, вредност фактора Р се повећава, у поређењу са обрадом изведеном низ нагиб (Кадовић, 1999).

Најчешће примењене противерозионе мере у пракси су: контурна обрада земљишта, стрип културе и терасирање, док су друге мере: конзервацијско орање, фертилизација, ротација култура, коришћење остатака биљне производње, већ укључене у С фактор (Костадинов, 2008). Вредности фактора Р варира од 0 до 1. Вредност 1 се узима у случајевима када ниједна мера заштите није преузета (Костадинов, 2008).

За експерименталну падину у Јајинцима за вредност фактора Р узима се 1 у условима када нема конзервационих радова.

Резултати и дискусија

Прорачуни губитка земљишта за рурално подручје Београда, на примеру експерименталне парцеле у Јајинцима, показују да су резултати у складу са режимом падавина, променом нагиба и одговарајућом праксом управљања.

Најмања количина падавина у периоду од 1991 – 2013. године регистрована је 2000. године и износила је 367,7 mm/m² (табела 8) односно 367,7 l/m², а губитак земљишта за овај период за нагиб од 8% је 30,1 t·ha⁻¹·god⁻¹ (табела 9). Највећа количина падавина за исти период регистрована је 1999. године и износила је 1051,2 mm/m², а губитак земљишта за овај период за нагиб од 8% је износио 68,2 t·ha⁻¹·god⁻¹. Највећа вредност губитка земљишта је регистрована за летњи период и износила је 16,6 t·ha⁻¹·god⁻¹, а најмања за зимски период 10 t·ha⁻¹·god⁻¹ (табела 9).

Мес/ Год	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	Σ
1991	20.2	11.2	83.7	51.3	94.9	86.3	143.4	32.8	25.8	84.2	62.7	31.7	728.2
1992	7.6	33.8	6.9	58.8	19.4	180.0	43.8	24.3	28.2	90.5	61.7	34.8	589.8
1993	21.9	31.8	77.1	26.7	12.8	50.4	56.9	24.5	51.5	18.8	77.8	88.9	539.1
1994	40.4	23.0	27.7	64.6	41.4	212.2	46.1	90.5	29.5	37.9	25.9	34.4	673.6
1995	82.2	45.9	43.9	61.0	83.6	64.7	33.7	69.2	92.6	0.3	57.0	67.1	701.2
1996	42.6	62.2	41.2	52.3	108.0	57.1	35.5	66.6	107.7	37.1	77.7	100.8	788.8
1997	31.7	49.2	11.4	88.1	51.6	31.7	126.1	108.4	30.4	106.7	30.8	80.6	746.7
1998	70.6	2.3	19.3	30.7	55.2	63.4	32.2	45.4	92.6	89.6	52.2	31.0	584.5
1999	51.1	63.3	16.9	73.2	60.9	142.4	262.5	12.9	85.4	56.2	73.2	153.2	1,051.2
2000	27.3	28.3	30.3	41.9	34.5	19.1	29.3	7.8	70.7	16.6	20.7	41.2	367.7
2001	35.3	27.2	65.6	157.9	47.0	186.0	19.7	56.7	183.7	16.7	63.4	33.9	893.1
2002	15.1	14.0	14.8	53.7	20.9	79.6	60.7	106.8	51.9	88.3	35.8	52.8	594.4
2003	62.9	26.5	11.4	23.1	39.5	33.4	111.8	6.4	57.6	115.2	23.4	36.7	547.9
2004	93.5	29.4	18.9	71.7	63.3	113.8	94.6	89.3	45.0	32.9	129.5	50.3	832.2
2005	52.2	84.2	33.9	54.7	47.4	95.1	91.4	144.3	54.1	28.6	23.5	78.8	788.2
2006	43.2	59.1	104.4	97.0	42.3	37.8	23.3	120.6	24.3	20.9	24.5	51.9	749.3
2007	49.3	56.0	99.6	3.8	79.0	107.6	17.5	72.5	84.1	103.6	131.5	34.5	839.0
2008	44.6	8.3	79.7	34.9	60.6	43.3	53.0	45.6	68.5	18.4	51.0	79.0	586.9

2009	55.1	85.2	64.9	6.1	34.7	151.0	80.0	44.5	3.9	98.9	59.5	120.6	804.4
2010	91.6	112.8	47.2	43.7	86.4	181.7	41.4	53.5	51.8	48.8	45.2	61.4	865.5
2011	47.8	55.6	27.9	14.1	66.8	41.1	95.0	14.0	47.7	36.1	5.0	48.0	499.1
2012	87.2	61.5	2.4	66.9	127.9	16.0	39.0	4.5	30.7	44.9	28.1	55.1	564.2
2013	76.9	53.4	95.4	21.3	104.4	50.1	2.9	44.3	58.7	52.0	40.0	7.9	607.3
Σ	1,150.3	1,024.2	1024.5	1,197.5	1,382.5	2,143.8	1,539.8	1,285.4	1,376.4	1,243.2	1,200.1	1,374.6	15,942.3
Σ	50.0	44.5	44.5	52.1	60.1	93.2	66.9	55.9	59.8	54.1	52.2	59.8	693.1

Табела 8 Средња месечна и средња годишња количина падавина (mm) за период 1991-2013. година за климатолошку станицу „Београд - Врачар“

Table 8 Mean monthly and mean annual precipitation (mm) for the period 1991-2013 for meteorological station "Belgrade - Novi Beograd"

Мес / Год	Зима			Пролеће			Лето			Јесен			Σ
	ХП	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1991	1.5	0.8	0.4	5.9	3.0	7.1	6.2	12.8	1.6	1.1	6.0	4.0	50.5
1992	2.0	0.3	1.9	0.2	4.2	0.9	20.7	2.8	1.2	1.5	7.7	4.5	47.9
1993	8.0	1.1	1.9	6.5	1.5	0.5	3.6	4.3	1.3	3.7	0.9	6.6	40.0
1994	1.8	2.3	1.0	1.3	4.4	2.3	23.9	2.7	7.0	1.5	2.1	1.2	51.5
1995	4.5	6.0	2.6	2.5	3.9	6.1	4.2	1.7	4.7	7.0	0.0	3.6	46.7
1996	7.3	2.2	3.7	2.1	2.9	8.1	3.3	1.7	4.1	8.0	1.8	5.1	50.1
1997	5.5	1.5	2.8	0.4	6.3	3.0	1.5	10.5	8.4	1.4	8.2	1.4	50.9
1998	1.7	5.5	0.1	0.9	1.7	3.9	4.7	1.8	2.9	8.0	7.7	3.6	42.4
1999	10.8	2.3	3.1	0.5	3.8	2.9	9.8	23.5	0.3	4.7	2.6	3.8	68.2
2000	3.5	2.0	2.1	2.3	3.6	2.8	1.2	2.2	0.4	7.6	1.0	1.4	30.1
2001	1.5	1.5	1.1	3.6	12.7	2.3	16.1	0.7	3.0	15.8	0.6	3.5	62.3
2002	3.6	0.6	0.6	0.6	3.7	1.0	6.4	4.4	9.7	3.5	7.4	2.1	43.5
2003	2.3	4.9	1.5	0.5	1.2	2.5	2.0	11.0	0.2	4.3	11.5	1.2	43.0
2004	2.6	6.3	1.3	0.7	4.3	3.6	8.4	6.4	5.9	2.3	1.5	10.1	53.4
2005	5.2	2.9	5.7	1.6	3.1	2.5	6.7	6.4	12.2	3.0	1.3	1.0	51.5
2006	3.0	2.3	3.6	8.0	7.2	2.2	11.9	1.0	9.8	1.0	0.8	1.1	51.8
2007	1.6	2.6	3.1	6.9	0.1	5.0	7.7	0.6	4.4	5.4	7.3	10.2	54.7
2008	6.4	2.9	0.3	6.5	2.0	4.4	2.7	3.6	2.9	5.2	0.8	3.4	41.2
2009	9.3	3.1	5.7	3.9	0.2	1.6	12.8	5.2	2.3	0.1	7.0	3.4	54.6
2010	3.4	6.0	8.0	2.4	2.1	5.5	15.9	2.0	2.8	2.7	2.5	2.2	55.4
2011	3.5	3.5	4.4	1.7	0.7	5.6	2.8	9.3	0.6	3.5	2.4	0.2	38.2
2012	3.9	7.6	4.6	0.1	5.2	13.1	0.7	2.4	0.1	1.7	3.0	1.5	43.9
2013	0.3	6.0	3.6	8.1	1.0	9.3	3.3	0.1	2.8	4.1	3.5	2.4	44.3
Σ	93.3	73.9	62.7	67.1	78.6	96.2	176.5	117.0	88.8	97.3	87.4	77.3	1,116.1
Σsr	4.1	3.2	2.7	2.9	3.4	4.2	7.7	5.1	3.9	4.2	3.8	3.4	48.5

Сез.	76.6	80.6	127.4	87.3	372.0
Сез.ср	10.0	10.5	16.6	11.4	48.5

Табела 9 Губитак земљишта на руралном подручју Београда за нагиб падине од 8% у периоду од 1991-2013. године

Table 9 Soil loss in a rural area of Belgrade for slope of 8% for period 1991-2013

За падину под нагибом од 10% у периоду од 1991-2013. године најмањи губитак земљишта од $40,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 10) регистрован је 2000. године када су биле и најмање количине падавина (табела 8). За највећу количину падавина за исти период која је регистрована 1999. године губитак земљишта је износио $91 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 10). Највећа вредност губитка земљишта по сезонама је регистрована за лето и износила је $22,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а најмања за сезону зима $13,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 10).

Мес/ Год	Зима			Пролеће			Лето			Јесен			Σ
	XII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1991	2.0	1.1	0.5	7.9	4.0	9.5	8.3	17.1	2.1	1.5	8.0	5.3	67.3
1992	2.7	0.3	2.6	0.3	5.6	1.2	27.6	3.7	1.6	2.0	10.3	6.0	63.9
1993	10.7	1.5	2.5	8.7	2.0	0.7	4.8	5.7	1.8	4.9	1.2	8.8	53.4
1994	2.4	3.0	1.4	1.8	5.8	3.1	31.8	3.6	9.4	1.9	2.8	1.6	68.6
1995	6.0	7.9	3.5	3.3	5.2	8.1	5.7	2.3	6.2	9.4	0.0	4.7	62.3
1996	9.7	2.9	4.9	2.8	3.9	10.8	4.4	2.3	5.4	10.7	2.4	6.7	66.9
1997	7.4	2.0	3.7	0.5	8.4	3.9	2.0	14.0	11.2	1.9	11.0	1.9	67.9
1998	2.3	7.3	0.1	1.2	2.3	5.1	6.3	2.4	3.9	10.7	10.2	4.8	56.5
1999	14.4	3.1	4.1	0.7	5.1	3.9	13.0	31.4	0.5	6.3	3.5	5.1	91.0
2000	4.7	2.7	2.8	3.1	4.8	3.7	1.6	2.9	0.5	10.1	1.3	1.8	40.1
2001	1.9	2.1	1.4	4.9	16.9	3.1	21.5	0.9	4.0	21.1	0.7	4.6	83.1
2002	4.8	0.8	0.8	0.8	4.9	1.3	8.5	5.8	13.0	4.7	9.9	2.8	58.0
2003	3.0	6.5	1.9	0.6	1.6	3.4	2.7	14.7	0.3	5.7	15.3	1.6	57.3
2004	3.5	8.4	1.7	0.9	5.8	4.9	11.2	8.6	7.9	3.0	2.0	13.4	71.2
2005	6.9	3.9	7.6	2.1	4.1	3.4	9.0	8.5	16.3	4.1	1.7	1.3	68.7
2006	4.0	3.1	4.8	10.6	9.6	3.0	15.8	1.3	13.1	1.4	1.1	1.4	69.1
2007	2.1	3.4	4.1	9.2	0.1	6.6	10.2	0.8	5.9	7.2	9.7	13.6	72.9
2008	8.5	3.8	0.4	8.6	2.7	5.8	3.6	4.8	3.9	7.0	1.1	4.6	54.9
2009	12.4	4.1	7.6	5.2	0.2	2.2	17.1	6.9	3.0	0.1	9.4	4.6	72.7
2010	4.5	8.0	10.7	3.1	2.8	7.3	21.2	2.6	3.7	3.6	3.3	3.0	73.9
2011	4.7	4.7	5.8	2.2	0.9	7.5	3.8	12.4	0.9	4.7	3.2	0.2	51.0
2012	5.3	10.1	6.1	0.1	6.9	17.4	0.9	3.2	0.2	2.3	3.9	2.1	58.6
2013	0.3	8.0	4.8	10.9	1.3	12.3	4.4	0.1	3.7	5.5	4.6	3.2	59.1
Σ	124.3	98.5	83.7	89.4	104.8	128.2	235.4	156.0	118.3	129.8	116.5	103.1	1.488.1

Σsr	5.4	4.3	3.6	3.9	4.6	5.6	10.2	6.8	5.1	5.6	5.1	4.5	64.7
Сез.	102.2			107.5			169.9			116.5			496.0
Сез.sr	13.3			14.0			22.2			15.2			64.7

Табела 10 Губитак земљишта на руралном подручју Београда за нагиб падине од 10% у периоду од 1991-2013. године

Table 10 Soil loss in a rural area of Belgrade for slope of 10% for period 1991-2013.

За падину под нагибом од 12% у периоду од 1991 – 2013. године за регистровану количину падавина 2000. године губитак земљишта је $52,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 11). Године 1999. године губитак земљишта је износио $119,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$. Гледано по сезонама највећи губитак земљишта је регистрован за лето $29,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а најмањи за зиму $17,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 11).

Мес/ Год	Зима			Пролеће			Лето			Јесен			Σ
	ХП	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	
1991	2.7	1.4	0.6	10.4	5.2	12.4	10.9	22.4	2.8	2.0	10.5	6.9	88.3
1992	3.5	0.4	3.4	0.4	7.3	1.6	36.2	4.9	2.1	2.6	13.5	7.8	83.8
1993	14.0	2.0	3.3	11.5	2.6	0.9	6.3	7.5	2.3	6.5	1.6	11.6	70.0
1994	3.2	4.0	1.8	2.3	7.6	4.1	41.8	4.7	12.3	2.6	3.6	2.1	90.1
1995	7.8	10.4	4.6	4.3	6.8	10.7	7.4	3.0	8.2	12.3	0.0	6.2	81.8
1996	12.8	3.8	6.5	3.6	5.1	14.1	5.7	3.0	7.1	14.1	3.1	8.8	87.8
1997	9.7	2.6	4.8	0.7	11.0	5.2	2.6	18.3	14.8	2.5	14.4	2.5	89.1
1998	3.0	9.5	0.1	1.6	3.0	6.8	8.2	3.2	5.1	14.0	13.4	6.2	74.1
1999	18.9	4.0	5.4	0.9	6.6	5.1	17.1	41.2	0.6	8.3	4.6	6.6	119.4
2000	6.2	3.5	3.7	4.0	6.3	4.8	2.1	3.8	0.6	13.3	1.8	2.4	52.6
2001	2.5	2.7	1.9	6.4	22.2	4.0	28.2	1.2	5.2	27.7	1.0	6.1	109.0
2002	6.3	1.1	1.0	1.1	6.4	1.7	11.2	7.6	17.0	6.1	13.0	3.6	76.1
2003	4.0	8.5	2.5	0.8	2.1	4.4	3.5	19.2	0.4	7.5	20.1	2.1	75.2
2004	4.6	11.1	2.2	1.2	7.6	6.4	14.6	11.3	10.4	4.0	2.6	17.6	93.5
2005	9.0	5.1	9.9	2.8	5.4	4.4	11.8	11.1	21.4	5.3	2.2	1.7	90.1
2006	5.2	4.0	6.2	14.0	12.6	3.9	20.7	1.7	17.1	1.8	1.5	1.8	90.6
2007	2.7	4.5	5.3	12.0	0.1	8.7	13.4	1.1	7.7	9.5	12.7	17.9	95.7
2008	11.2	5.0	0.5	11.3	3.5	7.7	4.8	6.4	5.1	9.1	1.5	6.0	72.1
2009	16.3	5.4	9.9	6.8	0.3	2.8	22.5	9.1	4.0	0.1	12.3	6.0	95.5
2010	6.0	10.5	14.1	4.1	3.7	9.6	27.8	3.4	4.9	4.7	4.3	3.9	97.0
2011	6.2	6.2	7.6	2.9	1.1	9.9	5.0	16.3	1.1	6.1	4.2	0.3	66.9
2012	6.9	13.2	8.1	0.1	9.1	22.9	1.2	4.3	0.2	3.1	5.2	2.7	76.9
2013	0.5	10.5	6.3	14.3	1.8	16.2	5.7	0.1	4.8	7.2	6.0	4.2	77.5
Σ	163.2	129.3	109.8	117.4	137.6	168.3	308.9	204.8	155.3	170.3	152.9	135.3	1953.1
Σsr	7.1	5.6	4.8	5.1	6.0	7.3	13.4	8.9	6.8	7.4	6.6	5.9	84.9

Сез.	134.1	141.1	223.0	152.8	651.0
Сез.ср	17.5	18.4	29.1	19.9	84.9

Табела 11 Губитак земљишта на руралном подручју Београда за нагиб падине од 12% у периоду од 1991-2013. године

Table 11 Soil loss in a rural area of Belgrade for slope of 12% for period 1991-2013

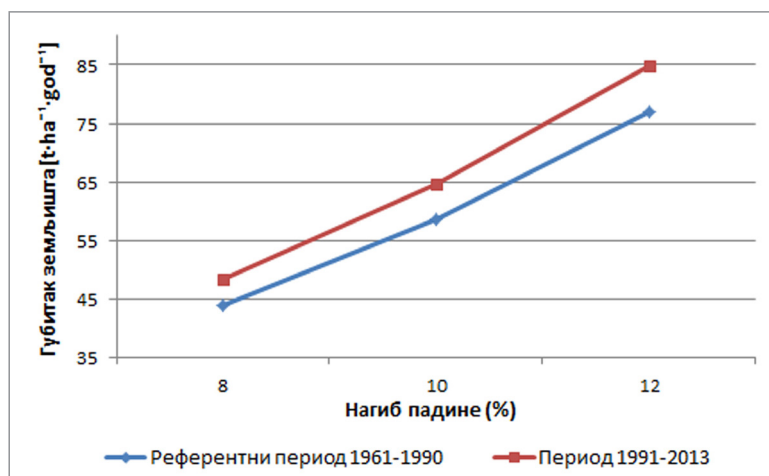
Просечни сезонски губици земљишта за период од 1991-2013. године за падину под нагибом од 8% износи $48,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, за падину под нагибом од 10% износи $64,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а за падину од 12% износи $84,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 12). Просечна сезонска вредност губитка земљишта за период од 1961-1990. године за падину под нагибом од 8% износи $44 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, за падину под нагибом од 10% износи $58,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а за падину од 12% износи $77,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 12).

Сезона	Губитак земљишта A [t • ha ⁻¹ • god ⁻¹]						Разлика између периода 1991 - 2013. и референтног периода 1961 - 1990. у %		
	Период								
	1961 - 1990.			1991 - 2013.					
	Нагиб падине			Нагиб падине			Нагиб падине		
	8%	10%	12%	8%	10%	12%	8%	10%	12%
Зима	9.2	12.2	16	10	13.3	17.5	8.7	9.0	9.4
Пролеће	11.6	15.5	20.4	10.5	14	18.4	-9.5	-9.7	-9.8
Лето	14.5	19.4	25.4	16.6	22.2	29.1	14.5	14.4	14.6
Јесен	8.7	11.6	15.3	11.4	15.2	19.9	31.0	31.0	30.1
Σ	44	58.7	77.1	48.5	64.7	84.9	10.2	10.2	10.1
Ср. вр.	11	14.7	19.3	12.13	16.2	21.2	10.2	10.2	10.1

Табела 12 Упоредни приказ средњих сезонских и годишњих губитака земљишта за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године за различите вредности нагиба падине

Table 12 Comparative review of mean seasonal and annual soil losses for the period of 1991-2013 in relation to the reference period of 1961-1990 for various values of the inclination of the slope.

Годишњи губици земљишта, на руралном подручју Београда, за период 1991-2013. година у односу на референтни период 1961-1990. година и нагиб падине од 8% и 10,2% већи су за 10,2%, док су за нагиб падине од 12% већи за 10,1% (табела 12, слика 3).



Слика 3 Упоредни приказ губитка земљишта за рурално подручје Београда у зависности од нагиба падине за референтни период (1961-1990. година) и период 1991-2013. година

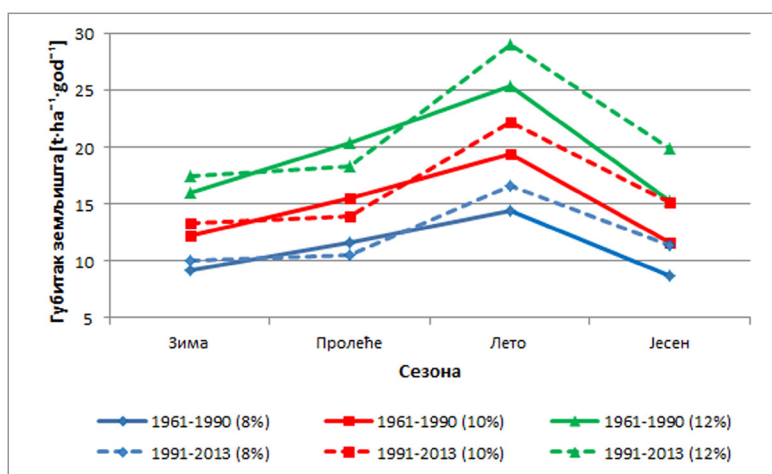
Figure 3 Comparative review of the soil loss for the rural area of Belgrade, depending on the inclination of the slope for the reference period (1961-1990) and the period 1991-2013.

На нивоу сезоне за период од 1991 - 2013. године губици земљишта на падини од 8% износе: за зиму $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, пролеће $10,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, лето $16,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ и јесен $11,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$. За период од 1961 - 1990. године губици земљишта на падини од 8% износе по сезонама: за зиму $9,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, пролеће $11,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, лето $14,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ и јесен $8,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$.

За падину под нагибом од 10% за период од 1991 - 2013. године губици земљишта по сезонама износе: зима $13,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, пролеће $14 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, лето $22,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, јесен $15,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$. За исту падину за период од 1961-1990. године по сезонама губици земљишта износе: зима $12,2 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, пролеће $15,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, лето $19,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, јесен $11,6 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$.

За падину под нагибом од 12% за период од 1991 - 2013. године по губици земљишта по сезонама износе: зима $17,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, пролеће $18,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, лето $29,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, јесен $19,9 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, док су за исту падину за период од 1961-1990. године износе: зима $16 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, пролеће $20,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, лето $25,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, јесен $15,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$.

Разлика у губицима земљишта по сезонама је скоро уједначена у односу на нагиб падине, међутим значајне су разлике између сезона у оквиру истог нагиба падине (слика 4). Највећи однос у губицима земљишта за период 1991 - 2013. у односу на период 1961-1990. година јесу у сезони јесен и износе од 30,1-31,0%, а најмањи у сезони пролеће где имамо смањење губитака од 9,5-9,8% (табела 12). У сезонама зима и лето губици земљишта по сезонама повећани су за 8,7-9,4%, односно 14,4-14,6% (табела 12).



Слика 4 Упоредни приказ губитка земљишта по годишњим сезонама за рурално подручје Београда у зависности од нагиба падине за референтни период (1961-1990. година) и период 1991-2013. година

Figure 4 Comparative review of the soil loss for the rural area of Belgrade, depending on the inclination of the slope for the reference period (1961-1990) and the period 1991-2013.

Упоредни приказ просечних месечних губитака земљишта показује да је смањење губитка земљишта карактеристично за месеце март, април, мај, јун и децембар, а повећање за остале месеце (табела 14). Највеће повећање просечних месечних губитака земљишта карактеристично је за месец октобар и износи у зависности од нагиба падине од 86,7-90,9%, док је највеће смањење присутно у јуну месецу (39,1-39,7%).

Месец	Губитак земљишта А [t • ha ⁻¹ • god ⁻¹]						Разлика између периода 1991-2013. и референтног периода 1961-1990. у %		
	Период								
	1961-1990.			1991-2013.					
	Нагиб падине			Нагиб падине			Нагиб падине		
	8%	10%	12%	8%	10%	12%	8%	10%	12%
I	2.9	3.9	5.2	4.1	5.4	7.1	41.4	38.5	36.5
II	2.5	3.4	4.5	3.2	4.3	5.6	28	26.5	24.4
III	3	4	5.2	2.7	3.6	4.8	-10	-10	-7.7
IV	3.8	5	6.6	2.9	3.9	5.1	-23.7	-22	-22.7
V	4.9	6.5	8.6	3.4	4.6	6	-30.6	-29.2	-30.2
VI	6.9	9.2	12.1	4.2	5.6	7.3	-39.1	-39.1	-39.7
VII	4.5	6	7.9	7.7	10.2	13.4	71.1	70	69.6
VIII	3.1	4.1	5.4	5.1	6.8	8.9	64.5	65.9	64.8
IX	3.1	4.2	5.5	3.9	5.1	6.8	25.8	21.4	23.6
X	2.2	3	3.9	4.2	5.6	7.4	90.9	86.7	89.7

XI	3.4	4.5	5.9	3.8	5.1	6.6	11.8	13.3	11.8
XII	3.7	4.9	6.4	3.4	4.5	5.9	-8.1	-8.2	-7.8
Σ	44	58.7	77.2	48.6	64.7	84.9	10.2	10.2	10.1

Табела 13 Упоредни приказ средњих месечних губитака земљишта за период од 1991 - 2013. године у односу на референтни период од 1961 - 1990. године за различите вредности нагиба падине

Table 13 Comparative review of mean monthly soil loss for the period of 1991 - 2013 in relation to the reference period of 1961 - 1990 for various values of the inclination of the slope

Упоредни приказ просечних месечних губитака земљишта показује да је највећи губитак земљишта био у јуну месецу за нагиб од 12% и за период од 1961 - 1990. године износи $12,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а за период од 1991 - 2013. године износи $13,4 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а најмањи губитак земљишта је у фебруару за нагиб од 8 % и за период од 1961 - 1990. године износи $2,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$, а за период од 1991 - 2013. године најмањи губитак земљишта је марту месецу и износи $2,7 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ (табела 14).

Закључак

Убрзани процеси ерозије се дешавају као реакција на промену режима падавина из више разлога. Промене еродибилности земљишта дешавају се услед смањења концентрације органске материје у земљишту, а последица тога је повећање осетљивости земљишта према еродирању.

На основу резултата истраживања на експерименталној површини у руралном делу Београда (Јајинци), анализиран је и ефекат промене количине падавина на губитак земљишта.

Најважнији ефекат промене режима падавина за период од 1991-2013. у односу на референтни период од 1961-1990. године на ерозију земљишта и површинско отицање је промена у запремини и ерозионој снази падавина.

Повећање губитка земљишта за урбано подручје Београда је у складу са повећањем нагиба и режимом падавина. Према анализи количине падавина за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године највећи губици земљишта су током лета, а најмањи током зиме.

Анализом падавина за подручје Београда може се закључити да је дошло до промена у режиму падавина током последње две деценије, односно упоређивањем периода 1991-2013. година са референтним периодом 1961-1990. година. Промена режима падавина условила је повећање губитка земљишта на годишњем нивоу, са тим што су разлике у повећању/смањењу губитка земљишта разликују по сезонама.

Анализом утицаја повећаних вредности фактора дејства кише (R) на губитак земљишта по USLE једначини за рурално подручје Београда показују да је дошло до повећања губитка земљишта у просеку за 10,2% за нагиб падине од 8%, 10,2 за нагиб падине од 10% и 10,1% за нагиб падине од 12% за период од 1991-2013. године у односу на референтни период од 1961-1990. године.

На основу анализе падавина добијено је да је највећи губитак земљишта карактеристичан за падину која је под нагибом од 12% и то за лето и износи $29,1 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1} \cdot \text{god}^{-1}$ за период од 1991 - 2013. године.

Промене у режиму падавина имају све јачи утицај на ерозију земљишта. Периоди са смањеном количином падавина су карактеристични за зиму (ДЈФ) што утиче на губитак земљишта, а повећање падавина је карактеристично за лето (ЈЈА) када је и највећа опасност за веће губитке земљишта.

ЛИТЕРАТУРА:

- [1] Антић М., Јовић Н., Авдаловић В. 1980: Педологија. Универзитет у Београду. Шумарски факултет.
- [2] FAO 2014: <http://www.fao.org>.
- [3] Ferro & Porto 1999: A comparative study of rainfall erosivity estimation for southern Italy and southeastern Australia. Hydrological Sciences—Journal, 3-24.
- [4] Foster R., Toy E., & Renard G. 2003: Comparison of the USLE, RUSLE1.06c, and RUSLE2 for Application to Highly Disturbed Lands. Denver: University of Denver.
- [5] Кадовић Р. 1999: Противерозиони агроекосистеми. Универзитет у Београду. Шумарски факултет.
- [6] Костадинов С. 2008: Бујични токови и ерозија. Универзитет у Београду. Шумарски факултет.
- [7] Maeda E., Pellikka P., Siljander M., Clark B. 2010: Potential impacts of agricultural expansion and climate change on soil erosion in the Eastern Arc Mountains of Kenya. Geomorphology 123 (2010) 279–289
- [8] Renard & Freimund 1993: Using monthly precipitation data to estimate the R-factor in the revised USLE. Journal of Hydrology 157 (1994) 287-306.
- [9] Yu & Rosewell 1995: A Robust Estimator of the R-factor for the USLE. Journal of Soil Conservation
- [10] www.hidmet.gov.rs/ciril/osmotreni/naslovna.php P